

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. Februar 2003 (13.02.2003)

PCT

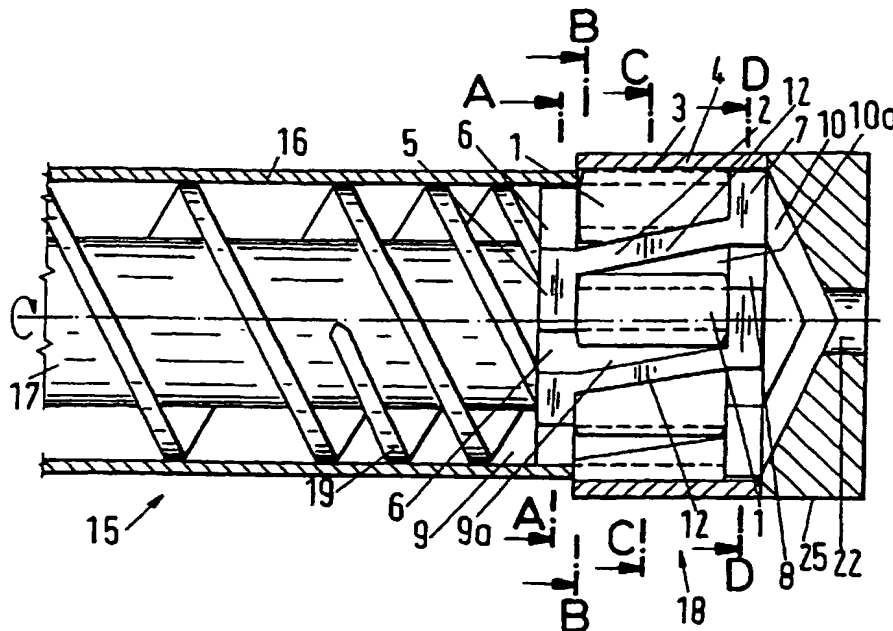
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/011561 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B29C 45/47** (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/02078 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **UPHUS, Reinhard**  
(22) Internationales Anmeldedatum: 3. Juni 2002 (03.06.2002) [DE/DE]; Ehlvershof 12, 30419 Hannover (DE). **FIS-**  
**CHBACH, Gunther** [DE/DE]; Willi-Buchauer Ring 7,  
82256 Fürstenfeldbruck (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: **MEISSNER, Peter, E.**; Patentanwaltsbüro,  
Meissner & Meissner, Hohenzollerndamm 89, 14199  
Berlin (DE).  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität: 101 36 851.8 24. Juli 2001 (24.07.2001) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: EXTRUDER/GEAR PUMP COMBINATION FOR USE AS INJECTION UNIT IN INJECTION MOLDING MA-  
CHINES

(54) Bezeichnung: EXTRUDER-ZAHNRADPUMPEN-KOMBINATION ZUR VERWENDUNG ALS EINSPRITZEINHEIT IN  
SPRITZGUSSMASCHINEN



(57) Abstract: The invention relates to an extruder/gear pump combination for processing thermoplastics and caoutchouc mixtures for use as an injection unit in injection molding machines. The extruder/gear pump combination comprises one or more worm shafts (17) and a gear pump (18) that is mechanically coupled to the one or more worm shaft(s) to drive them and whose pump housing (4) is an integral part of the housing (16) of the screw extruder (15) or is directly coupled thereto.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/011561 A1



SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Schneckenextruder-Zahnradpumpen-Kombination zur Verarbeitung von Thermoplasten und Kautschukmischungen als Einspritzeinheit von Spritzgussmaschinen, mit einer oder mehreren Schneckenwellen (17) sowie einer mechanisch mit der oder den Schneckenwelle(n) antriebsmäßig gekoppelten Zahnradpumpe (18), deren Pumpengehäuse (4) Bestandteil des Gehäuses (16) des Schneckenextruders (15) ist oder unmittelbar daran angeschlossen ist.

## **Extruder-Zahnradpumpen-Kombination zur Verwendung als Einspritzeinheit in Spritzgussmaschinen**

Spritzgussmaschinen zur Verarbeitung von Thermoplasten bzw.

Kautschukmischungen haben die Aufgabe Material einzuziehen ,aufzuschmelzen

(Thermoplaste) bzw. zu plastifizieren (Kautschukmischungen) und unter Druck in die

Form zu pressen. Häufig wird hierzu eine Kombination aus Einschneckenextruder mit einem hydraulisch betätigtem Druckaufbauorgan wie z.B. einer Kolbenpumpe angewandt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass der Extruder das zu

verarbeitende Material in einen Zylindervorraum fördert, die Extruderschnecke sich dabei zurückbewegt und anschließend über eine Hydraulik in Förderrichtung gedrückt wird. Hierbei wird dann das Material aus dem Zylindervorraum durch die Extruderschnecke in die Form gepresst.

Nachteil dieser Lösungen ist es, dass eine Hydraulik zum Aufbau des Spritzdruckes benötigt wird, welche den Preis für die Anlage hoch werden lässt.

Bei der Verarbeitung von Kunststoffschmelzen oder Kautschukmischungen sind bisher

Zahnradpumpen gebräuchlich, die im Sinne eines Stirnradgetriebes arbeiten und meistens an einen Schneckenextruder angeschlossen sind. Im Regelfall weist die Zahnradpumpe dabei einen von dem Antrieb der Extruderwelle oder -wellen separaten Antrieb auf. Ein solcher Extruder ist beispielsweise aus der EP 0 508 080 A2 bekannt.

Dabei fördert eine Extruderschnecke das zu extrudierende Material unmittelbar in den Zwickelbereich der Zahnradpumpe, die zwei miteinander kämmende Stirnräder aufweist. Diese Art der Zahnradpumpe ist nicht selbstreinigend und erfordert daher meistens beim Wechseln des jeweils zu verarbeitenden Materials aufwendige Demontage- und Reinigungsarbeiten, um keine Qualitätseinbußen nach einem Materialwechsel hinnehmen zu müssen.

Aus der EP 0 564 884 A1 ist ein Doppelschneckenextruder bekannt, dessen

Schneckenwellen in einem Abschnitt zur Druckerhöhung der zu verarbeitenden

Schmelze jeweils mit einem der beiden Stirnräder einer Zahnradpumpe bestückt sind, so dass ein direkter Antrieb der Zahnräder durch die Schneckenwellen erfolgt. Durch

zwei stimseitige, d.h. senkrecht zur Längsachse der Schneckenwellen verlaufende

Abdichtwände, die mit einem Durchtrittsfenster für die Schmelze zur Eintrittsseite bzw. zur Austrittsseite versehen sind, werden Ansaugraum und Druckraum voneinander getrennt. Auch diese Zahnradpumpe ist nicht selbstreinigend. Ihr Fördervolumen kann nicht unabhängig von der Drehzahl der Schneckenwellen verändert werden.

5

Schließlich ist aus der EP 0 642 913 A1 ein Einschneckenextruder bekannt, der vor seinem letzten Schneckenabschnitt eine Zahnradpumpe in der Bauart eines Stirnradgetriebes aufweist. Eines der beiden Stirnräder der Zahnradpumpe ist unmittelbar auf der Schneckenwelle des Schneckenextruders befestigt und wird durch diese angetrieben. Das Extrudergehäuse weist eine seitliche Ausbuchtung auf, in der das zweite Stirnrad der Zahnradpumpe gelagert ist. An den Flachseiten der Stirnräder liegt jeweils eine Dichtwand an, die formschlüssig im Gehäuse des Extruders gelagert ist. Die Abdichtwände oder das Extrudergehäuse sind jeweils mit einem saugseitigen bzw. druckseitigen Durchtrittsfenster für das zu extrudierende Material versehen. Auch bei diesem bekannten Extruder ist keine Selbstreinigung gewährleistet.

10

15

20

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den zum Spritzen nötigen Druck über die rotatorische Bewegung der Schnecke aufzubauen. Hierzu wird eine Zahnradpumpe in Kombination mit einer Extruderschnecke verwandt. Der Antrieb der Zahnradpumpe erfolgt über die Extruderschnecke selbst.

Gelöst wird diese Aufgabe mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen.

25

30

35

Die vorliegende Erfindung stellt eine Zahnradpumpe zur Verfügung, die im Prinzip entsprechend einem Planetengetriebe aufgebaut ist und in besonderer Weise zur Förderung hochviskoser Medien wie Kunststoffschmelzen und Kautschukmischungen geeignet ist und den Vorteil einer weitgehenden Selbstreinigung besitzt, da die Einspeisung des zu fördernden Mediums ohne nennenswerten Vordruck erfolgen kann. Die Erfindung geht aus von einer Planetenradpumpe, die einen Planetenträger aufweist, der mit mindestens einem drehbar in dem Planetenträger gelagerten Planetenrad bestückt ist. Ferner weist diese Planetenradpumpe zwei weitere Funktionselemente auf, die mit dem mindestens einen Planetenrad im Sinne eines Sonnenrads bzw. eines Hohlrads zusammenwirken. Darüber hinaus sind ein Pumpengehäuse, das den Planetenträger mit den Planetenrädern und den beiden

vorgenannten Funktionselementen von außen umgibt, sowie eine Eingangs- und eine Ausgangsdichtwand vorgesehen. Die Eingangsdichtwand ist mit dem Planetenträger drehfest verbunden und weist mindestens eine Eintrittsöffnung für das zu fördernde Medium auf. In entsprechender Weise ist die Ausgangsdichtwand mit dem

5 Planetenträger drehfest verbunden und mit mindestens einer Austrittsöffnung für das zu fördernde Medium versehen. Außerdem weist diese Zahnradpumpe einen Saugraum und einen Druckraum auf, die von dem Pumpengehäuse umschlossen und gegeneinander abgedichtet sind, wobei der Saugraum in Förderrichtung vor der Eingangsdichtwand angeordnet ist und sich durch die mindestens eine Eintrittsöffnung

10 hindurch in mindestens ein Saugraumelement entlang des mindestens einen Planetenrads bis zu der Ausgangsdichtwand hin erstreckt und wobei der Druckraum in Förderrichtung hinter der Ausgangsdichtwand angeordnet ist. Erfindungsgemäß ist bei einer derartigen Zahnradpumpe vorgesehen, dass jeweils nur eines der beiden als Sonnenrad oder als Hohlrad wirkenden Funktionselemente eine mit dem mindestens

15 einen Planetenrad kämmende Verzahnung aufweist, wohingegen das andere Funktionselement mindestens einen Dichtbereich besitzt, der glattwandig und so ausgeführt ist, dass er über einen Teil des Umfangs und über die Länge des mindestens einen Planetenrads gleitbar dichtend an diesem anliegt. Weiterhin sieht die Erfindung vor, dass das Funktionselement, welches den mindestens einen

20 Dichtbereich aufweist, drehfest mit dem Planetenträger verbunden ist, also dieselben Bewegungen ausführt. Um eine abgedichtete Trennung des mindestens einen Saugraumelements von dem mindestens einen Druckraumelement zu gewährleisten, sieht die Erfindung als weiteres wesentliches Merkmal vor, dass in Umfangsrichtung versetzt zu dem mindestens einen Planetenrad mindestens eine sich von der

25 Eingangsdichtwand bis zur Ausgangsdichtwand erstreckende Trennwand angeordnet ist, die mit dem Funktionselement, welches den mindestens einen glattwandigen Dichtbereich aufweist, drehfest und dichtend verbunden ist und sich in radialer Richtung bis zum Kopfkreis der Verzahnung des die Verzahnung aufweisenden Funktionselements erstreckt.

30 In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist vorgesehen, dass sich der Druckraum durch die mindestens eine Austrittsöffnung hindurch in mindestens ein Druckraumelement entlang des mindestens einen Planetenrads bis zu der Eingangsdichtwand hin erstreckt. Das bedeutet, dass das Druckraumelement und das

35 Saugraumelement sich jeweils bezüglich des Planetenrads gegenüber liegen.

In einer anderen Ausführungsform ist vorgesehene, dass das Volumen des jeweiligen Druckraumelements minimiert und vorzugsweise zu Null wird. Das bedeutet, dass die Trennwand jeweils über die gesamte axiale Länge des jeweiligen Planetenrads  
5 großflächig über den Umfang des Planetenrads an dessen Verzahnung dichtend anliegt. Bei dieser Ausführung ist eine besonders effektive Selbstreinigung der Zahnradpumpe gewährleistet.

Das Funktionselement, welches in entsprechender Weise wie das mindestens eine  
10 Planetenrad verzahnt ist und mit diesem kämmt, ist vorzugsweise das Hohlrad. Da dieses feststehend angeordnet werden kann, ist es zweckmäßigerweise einstückig mit dem Pumpengehäuse ausgeführt oder zumindest drehfest in dem das Hohlrad umgebenden Pumpengehäuse gelagert. In diesem Fall läuft der Planetenträger mit dem dem Sonnenrad entsprechenden Funktionsteil um und ist vorzugsweise  
15 einstückig mit diesem ausgeführt. Ein verzahntes Sonnenrad, wie bei einem üblichen Planetenradgetriebe, gibt es hierbei also nicht. Das mindestens eine Planetenrad kämmt dabei also nicht mit einer Verzahnung eines solchen Sonnenrads, sondern bewegt sich gleitbar abgedichtet im mindestens einen Dichtungsbereich des sonst als Sonnenrad fungierenden Funktionsteils.

20 Selbstverständlich ist es möglich, auch eine umgekehrte Anordnung zu wählen, bei der ein verzahntes Sonnenrad benutzt wird, während das als Hohlrad fungierende Funktionsteil keine Verzahnung aufweist, sondern mit dem mindestens einen Dichtbereich versehen ist. In diesem Fall kann das "Hohlrad" wie der Planetenträger  
25 stillstehen. Wegen der einfacheren Konstruktion wird aber die vorgenannte Lösung mit verzahntem Hohlrad und mit unverzahntem "Sonnenrad" bevorzugt.

Zweckmäßigerweise werden mehrere Planetenräder, Trennwände, Eintritts- und Austrittsöffnungen vorgesehen, also jeweils mindestens zwei, vorzugsweise jeweils  
30 mindestens vier. Die Verzahnung der Planetenräder und des damit kämmenden Funktionsteils (vorzugsweise also das Hohlrad) kann geradverzahnt sein, wird aber vorzugsweise schräg verzahnt ausgeführt. Dies ermöglicht eine besonders gleichmäßige Förderung der erfindungsgemäßen Planetenradpumpe.

Die Planetenräder und das damit kämmende Funktionsteil können auch pfeilverzahnt ausgeführt sein. In diesem Fall wird aber die Demontage erschwert. Durch eine geteilte Ausführung z.B. des Hohlrads lässt sich aber selbst unter diesen erschwerten Bedingungen noch eine Demontage bewerkstelligen.

5

In einer weiteren zweckmäßigen Ausführungsform sieht die Erfindung vor, dass die Trennwände in axialer Richtung in entsprechender Weise, wie die Schrägverzahnung wendelförmig verlaufen. Dabei empfiehlt es sich, die Trennwände einstückig mit dem den mindestens einen Dichtbereich aufweisenden Funktionselement, also vorzugsweise mit dem "Sonnenrad" einstückig auszubilden. Auch der Planetenträger wird in diesem Fall zweckmäßigerweise einstückig mit dem "Sonnenrad" ausgebildet.

10

Die Planetenräder werden zweckmäßig in der Eingangsdichtwand und der Ausgangsdichtwand gelagert, so dass diese Teil des Planetenträgers sind. Selbstverständlich ist auch eine separate Ausbildung dieser Bauteile möglich. Damit die Planetenräder leicht montiert und demontiert werden können, ist es vorteilhaft, lediglich eine der beiden Dichtwände, vorzugsweise die Eingangsdichtwand, einstückig mit dem Planetenträger auszubilden und die andere Dichtwand als separates Bauteil zu belassen.

15

20

Um die erfindungsgemäße Zahnradpumpe leicht in einem Gehäuse eines Schneckenextruders unterbringen zu können und eine einfache Demontierbarkeit zu gewährleisten, empfiehlt es sich, den Außendurchmesser der Eingangsdichtwand ungleich, d.h. vorzugsweise kleiner zu gestalten als den Außendurchmesser der Ausgangsdichtwand. Dadurch lässt sich die Zahnradpumpe, die meistens am Förderende eines Schneckenextruders mit diesem verbunden wird, leicht vom Kopfende des Extruders her aus dem Gehäuse herausziehen.

25

Um eine Veränderung des Fördervolumens der Zahnradpumpe während des Betriebs zu ermöglichen, sieht eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung vor, den Planetenträger zusammen mit dem dem Sonnenrad entsprechenden Funktionsteil und der Eingangs- und der Ausgangsdichtwand innerhalb des Pumpengehäuses axial gegenüber dem verzahnten Hohlrad um einen Verschiebeweg  $w$  verschieblich anzuordnen. Dadurch kann die Länge des Zahneingriffs zwischen dem Hohlrad und den Planetenrädern und damit das Verdrängungsvolumen der Zähne variiert werden.

30

35

Damit keine unerwünschten Undichtigkeiten zwischen dem Saugraum und dem Druckraum entstehen, empfiehlt es sich, die abgedichtet im Pumpengehäuse gleitbar gelagerte Eingangsdichtwand, die sich beim Verschieben in den Verzahnungsbereich des Hohlrads hinein bewegt, in ihrer axialen Dicke  $d$  (d.h. in Verschieberichtung gesehen) größer zu wählen als den maximalen Verschiebeweg  $w$ . Dadurch bleibt die Dichtung zwischen dem Pumpengehäuse und der Eingangsdichtwand unverändert erhalten. Es kann aber auch vorgesehen werden, eine bewusste Undichtigkeit zwischen Druckraum und Saugraum durch eine geringfügige Verschiebung einzustellen, um die Förderleistung der Pumpe zu drosseln.

Die Drosselung der Förderleistung während des Betriebs ist im Unterschied zu bekannten Planetenradpumpen ohne einen ständig erforderlichen zweiten Antriebs für eines der Funktionselemente (Hohlrad oder Sonnenrad) möglich, da lediglich für die kurze Zeit der axialen Verstellung der Zahnradpumpe ein Antrieb mit einem soweit äußerst geringfügigen Energieverbrauch benötigt wird. Durch die Verstellbarkeit der Förderleistung der Zahnradpumpe wird eine Anpassung an die Verarbeitung unterschiedlicher Materialien möglich.

In fertigungstechnischer Hinsicht kann es empfehlenswert sein, die Planetenräder und/oder das damit kämmende Hohlrad bzw. Sonnenrad im oberflächennahen Bereich der Verzahnung weichelastisch auszuführen. In diesem Fall können gegenüber der exakten Verzahnung fertigungstechnisch relativ grob tolerierte metallische Zahnradgrundkörper gefertigt werden, die kleinere Abmessungen als die Sollabmessungen der fertigen Verzahnung aufweisen und anschließend mit einer elastischen Umhüllung, insbesondere einer Umhüllung aus Gummi oder einem thermoplastischen Elastomer versehen werden. Da diese Umhüllung ausgezeichnete Elastizitätseigenschaften aufweist, sind auch die Anforderungen an die in dieser Weise fertiggestellte Verzahnung geringer als bei einer rein metallischen Verzahnung. Übermaße können durch Verformung gleichsam kompensiert werden. Durch eine Gummiummantelung mit leichtem Übermaß können die Zahnhohlräume des Hohlrads vollständig ausgereinigt werden.

In einer weiteren Variante sieht die Erfindung vor, die Verzahnung des Hohlrads oder der Planetenräder alternierend oder abschnittsweise mit Zähnen unterschiedlicher Höhe auszuführen, also beispielsweise ein Planetenrad einzusetzen, bei dem die



Hälfte der Zähne eine normale Größe und die andere Hälfte der Zähne eine verringerte Größe aufweist, wobei sich die beiden Zahngrößen über den Umfang ständig abwechseln. Wenn die Pumpe mehrere Planetenräder aufweist, können auch unterschiedliche Planetenräder verwendet werden, d.h. Planetenräder mit normaler  
5 Zahnhöhe und andere Planetenräder mit verringerter Zahnhöhe. Der damit bewirkbare Effekt ist darin zu sehen, dass durch teilweise verringerte Zahnhöhe eine Kompaktierung des Materials erfolgen kann, welches in den Zahnlücken des mit dem jeweiligen Zahnrad zusammenwirkenden Gegenrades enthalten ist. Das kompaktierte Material würde dann erst beim Zusammentreffen mit einem vollausgebildeten Zahn  
10 aus der Zahnlücke ausgedrückt und gefördert werden.

Bei einem Planetenrad mit durchgehend verringerter Zahnhöhe wird also das in den Zahnlücken des Hohlrads befindliche Material zunächst komprimiert und erst durch ein nachfolgendes Planetenrad, dessen Zähne voll ausgebildet sind, unter Dehn – und  
15 Scherströmungen aus der Zahnlücke jeweils herausgedrückt. Bei einer Zahnradpumpe mit vier Planetenrädern werden jeweils zwei gegenüberliegende mit einer reduzierten Zahnhöhe und die beiden anderen sich gegenüberliegenden Planetenräder mit normaler Zahnhöhe ausgebildet. Die in der Zahnradpumpe vorliegenden Zwangsströmungen begünstigen ein kontinuierliches Homogenisieren und Mischen  
20 (z.B. Füllstoffe) des zu verarbeitenden Materials.

Die Zahngeometrie der Verzahnung von Planetenrädern und Hohlrad ist im Grundsatz beliebig. Es muss lediglich sichergestellt sein, dass die Zähne des einen Zahnrads in die Zahnlücke des jeweils anderen Zahnrads so eingreifen, dass ein abdichtender  
25 Gleitkontakt mit den beiden die jeweilige Zahnlücke des anderen Zahnrads begrenzenden Zähnen besteht.

Erfindungsgemäß werden eine oder mehrere Zahnradpumpen in der Bauart eines Planetengetriebes, insbesondere Zahnradpumpen nach einem der Patentansprüche 1  
30 bis 17, in einem Schneckenextruder zur Förderung fließfähiger Medien wie insbesondere Kunststoffschmelzen und Kautschukmischungen verwendet, wobei der Schneckenextruder eine oder auch mehrere Schneckenwellen aufweisen kann und die Schneckenwelle bzw. –wellen jeweils mechanisch mit dem Antrieb der Zahnradpumpe gekoppelt sind, so dass es keines separaten Pumpenantriebs bedarf. Somit ist auch  
35 keine eigene Steuerung für den Antrieb der Zahnradpumpe erforderlich.

Üblicherweise wird das Pumpengehäuse unmittelbar an das Gehäuse des Schneckenextruders angeschlossen bzw. ist vorzugsweise Bestandteil des Extrudergehäuses.

5

Mit besonderem Vorteil wird die Gangzahl der Schneckenwelle bzw. -wellen am Förderende jeweils gleich der Zahl der Planetenräder der daran angeschlossenen Zahnradpumpe gewählt. Die Gangzahl muss aber keineswegs über die gesamte Schneckenlänge konstant sein. Eine vorzugsweise Verwendung der

10 erfindungsgemäßen Zahnradpumpen sieht vor, die Gangzahl der Schneckenwellen in dem vor dem Förderende liegenden Abschnitt der Schneckenwellen jeweils halb so groß wie am Förderende zu wählen.

15

Bei Einsatz einer Planetenradpumpe mit Schrägverzahnung ist es vorteilhaft, die Neigung der Wendelung der Gänge der Schneckenwellen bezogen auf die Förderrichtung des Schneckenextruders jeweils in entgegengesetzter Richtung vorzusehen wie die Neigung der Verzahnung.

20

Um die Förderleistung des Schneckenextruders mit der Planetenradpumpe ohne Änderung der Antriebsdrehzahl beeinflussen zu können, empfiehlt es sich, die Schneckenwelle jeweils zusammen mit dem Planetenträger sowie dem Sonnenrad und der Eingangs- und Ausgangsdichtwand axial verschieblich anzuordnen. Durch axiales Verschieben der Schneckenwelle, die mit dem Planetenträger mechanisch drehfest gekoppelt ist, kann so die Förderleistung der Zahnradpumpe beeinflusst

25 werden, da in der zuvor beschriebenen Weise das Verdrängungsvolumen und/oder die gewollte Leckage zwischen Saugraum und Druckraum gesteuert werden.

30

Ein wesentlicher Vorteil bei einer Kombination eines Schneckenextruders mit der erfindungsgemäßen Zahnradpumpe ist darin zu sehen, dass wegen der guten Druckaufbaueigenschaften bei gleichzeitiger Nichtnotwendigkeit eines nennenswerten Förderdrucks zur Einspeisung in die Zahnradpumpe die Extruderschnecke vor der Zahnradpumpe sehr kurz ausgeführt werden kann. Vorzugsweise beträgt die Länge der Extruderschnecke den zwei- bis fünffachen Wert des Schneckendurchmessers.

Eine besonders vorteilhafte Verwendung der Planetenradpumpe ergibt sich in einem Schneckenextruder insbesondere zur Verarbeitung von Kautschukmischungen, wenn hinter der Zahnrادpumpe ein Stiftzylinderextruderbereich, wie er beispielsweise aus der DE 40 39 942 A1, deren Offenbarungsgehalt insoweit in die vorliegende  
5 Anmeldung einbezogen wird, bekannt ist. Die Planetenradpumpe kann dabei den für den Stiftzylinderextruderbereich vorteilhaften hohen Vordruck leicht aufbauen.

In einer weiteren vorteilhaften Verwendung ist vorgesehen, dass hinter einem solchen Stiftzylinderextruderbereich noch ein Vakuumentgasungsbereich angeschlossen wird,  
10 dem am Ende des Extruders noch eine zweite Planetenradpumpe folgt, um den erforderlichen Extrusionsdruck am Extruderausgang zu liefern.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Die Figuren zeigen in schematischer  
15 Darstellung:

- Fig. 1            Einen Längsschnitt durch einen Einschneckenextruder mit Planetenradpumpe,
- 20 Fig. 2            den Längsschnitt gemäß Fig. 1 in Form einer Abwicklung,
- Fig. 3a –d        Querschnitte gemäß den Linie A-A, B-B, C-C und D-D in Fig. 1,
- Fig. 4            eine Abwandlung des Schneckenextruders gemäß Fig. 1 durch axiale Verschieblichkeit der Schneckenwelle,  
25
- Fig. 5            einen Schneckenextruder mit Planetenradpumpe und daran angeschlossenem Stiftzylinderextruderbereich,
- 30 Fig. 6            einen Schneckenextruder mit zwei hintereinandergeschalteten Planetenradpumpen, Stiftzylinderextruderbereich und Vakuumentgasungsbereich,
- Fig. 7            ein Schnittbild eines Planetenrads mit weichelastischer Umhüllung und  
35

Fig. 8 ein Planetenrad mit alternierend unterschiedlich hohen Zähnen.

In den Figuren 1 bis 3d ist ein Schneckenextruder 15 in einem axialen Längsschnitt, mehreren Querschnitten und einer schematischen Abwicklung (Fig. 2) dargestellt. Der Schneckenextruder 15 besitzt eine Schneckenwelle 17, die in Förderrichtung gesehen zunächst 2-gängig ausgeführt ist und am Förderende 19 die doppelte Gangzahl aufweist, also 4-gängig ist. Die Schneckenwelle 17 ist von einem Extrudergehäuse 16 umgeben. In unmittelbarem Anschluss an das Förderende 19 ist eine Planetenradpumpe 18 vorgesehen, die ein im wesentlichen zylindrisches Pumpengehäuse 4 aufweist, innerhalb dessen ein Planetenträger 2 mit vier drehbar darin gelagerten Planetenrädern 1 angeordnet ist. Im Bereich der Wand des Pumpengehäuses 4 ist auf der Innenseite ein verzahntes Hohlrad 3 vorgesehen, das in bevorzugter Ausführungsform der Erfindung einstückig mit diesem Teil des Pumpengehäuses 4 ausgeführt ist. Auf der linken Seite der Planetenräder 1 befindet sich eine Eingangsdichtwand 5, die abgedichtet und drehbar im Extrudergehäuse 16 gelagert ist. Diese Eingangsdichtwand 5 ist entsprechend der Anzahl der Planetenräder 1 mit vier Eintrittsöffnungen 6 versehen (Fig. 3a). Auf der rechten Seite der Planetenräder 1 ist eine Ausgangsdichtwand 7 angeordnet, die in entsprechender Weise mit vier Austrittsöffnungen 8 versehen ist (Fig. 3d). Auch die Ausgangsdichtwand 7 ist drehbar gelagert, und zwar im Pumpengehäuse 4. Links von der Eingangsdichtwand 5, also am Ende des 4-gängigen Teils der Schneckenwelle 17 befindet sich der Saugraum 9 der Zahnradpumpe 18, während sich ihr Druckraum 10 auf der rechten Seite der Ausgangsdichtwand 7 befindet. Der Saugraum 9 erstreckt sich durch die Eintrittsöffnungen 6 in Form von Saugraumelementen 9a entlang jeweils eines Planetenrads 1 bis zur Ausgangsdichtwand 7. In entsprechender Weise erstreckt sich jeweils auf der diametral gegenüberliegenden Seite eines Planetenrads 1 der Druckraum 10 in Form jeweils eines Druckraumelements 10a durch die Austrittsöffnungen 6 hindurch bis zur Eingangsdichtwand 5 (Fig. 1, 3b, 3c). Der Planetenträger 2, zu dem funktionell auch die Eingangsdichtwand 5 und die Ausgangsdichtwand 7 gehören, da diese die Lagerung der Planetenräder 1 aufnehmen, ist mit insgesamt vier Trennwänden 12 versehen, die sich im wesentlichen radial von einem mittigen Grundkörper aus zwischen den Planetenrädern 1 bis zur Verzahnung des Hohlrads 3 erstrecken. Aus Fig. 3b, c ist ersichtlich, dass die Planetenräder 1 jeweils in einem glattzylindrisch geformten Dichtbereich 11 gleitbar dichtend an den jeweils zugeordneten Trennwänden 12 bzw. dem mittigen

Grundkörper des Planetenträgers 2 anliegen. Die Dichtwände 12 sind einstückig mit dem Planetenträger 2 ausgeführt. Die Planetenräder 1 befinden sich im Eingriff mit der Verzahnung des Hohlrads 3, so dass auch dort ein abgedichtetes Anlegen gegeben ist. Im Querschnitt gesehen sind somit die Saugraumelemente 9a jeweils durch eine

5 Trennwand 12, den mittigen Grundkörper des Planetenträgers 2, ein zugeordnetes Planetenrad 1, welches dichtend an dem mittleren Grundkörper und in der Verzahnung des Hohlrads 3 anliegt, und durch einen Teil des Hohlrads 3 abgeschlossen.

Entsprechendes gilt für die bezüglich der Achse der Planetenräder 1 diametral jeweils gegenüberliegenden Druckraumelemente 10a, die in der dargestellten Schnittposition

10 der Fig. 3b in der Nähe der Eingangsdichtwand 5 nur einen sehr kleinen Querschnitt aufweisen. Die umgekehrten Größenverhältnisse ergeben sich bei einem entsprechenden Schnitt in der Nähe der Ausgangsdichtwand 7. Dort hätten die Saugraumelemente 9a die Größe der Druckraumelemente 10a in Fig. 3b.

Entsprechend würde der Querschnitt des Druckraumelements 10a jeweils die Größe

15 des Saugraumelements 9a in Fig. 3b aufweisen. Das bedeutet also, dass sich die Saugraumelemente 9a im Querschnitt von der Eintrittsöffnung 6 hin bis zur Ausgangsdichtwand 7 kontinuierlich verringern, während sich die gegenüberliegenden Druckraumelemente 10a von der Eingangsdichtwand 5 bis zu den Austrittsöffnungen 8 in der Ausgangsdichtwand 7 kontinuierlich im Querschnitt vergrößern. In der Mitte

20 zwischen der Eingangsdichtwand 5 und der Ausgangsdichtwand 7 sind die Saugraumelemente 9a, wie Fig. 3c zeigt, im Querschnitt etwa gleich groß wie die Druckraumelemente 10a.

Das Volumen der Druckraumelemente 10a könnte bei Bedarf zur Steigerung der

25 Selbstreinigungsfähigkeit der Planetenradpumpe 18 auch bis auf Null reduziert werden, so dass dann die Trennwände 12 jeweils unmittelbar auf der Verzahnung der jeweiligen Planetenräder 1 an der den Saugraumelementen 9a gegenüber liegenden Seite dichtend aufliegen würden und das zu fördernde Material unmittelbar aus den Zahnücken der Verzahnungen der Planetenräder 1 und des Hohlrads 3 durch die

30 Austrittsöffnungen 8 in den Druckraum 10 gelangen würde.

Während der mittlere Grundkörper des Planetenträgers 2, der in einem üblichen Planetenradgetriebe dem Sonnenrad entspricht, keinerlei Verzahnung aufweist, ist das Hohlrad 3 ebenso wie die Planetenräder 1 vorteilhaft mit einer Schrägverzahnung

35 ausgestattet. Ebenfalls in bevorzugter Weiterbildung der Erfindung sind die

Trennwände 12 wendelförmig, d.h. bezüglich der Längsachse des Schneckenextruders 15 schräg angestellt, wobei die Neigung dieser Schräge in die umgekehrte Richtung weist wie die Neigung der Gänge der Schneckenwelle 17 (Fig. 1). Der Austritt aus dem dargestellten Extruder ist mit dem Bezugszeichen 22 bezeichnet.

Man erkennt aus dem Schnittbild der Fig. 1, dass das Pumpengehäuse 4 einen vergrößerten Durchmesser gegenüber dem Extrudergehäuse 16 aufweist. Das Extrudergehäuse 16 besitzt einen Innendurchmesser, der geringfügig kleiner ist als der Durchmesser des Kopfkreises der Verzahnung des Hohlrads 3, so dass die rechte Stirnwand des Extrudergehäuses 16 in der Nähe der eingezeichneten Schnittlinie B-B die Querschnittsflächen der Zahnluken der Verzahnung des Hohlrads 3 vollständig abdeckt. Entsprechendes gilt für die Zahnluken der Planetenräder 1, soweit diese sich im Bereich des Eingriffs mit der Verzahnung des Hohlrads 3 befinden. Im übrigen werden die Planetenräder 1 und der gesamte Zwischenraum bis auf die notwendigen Eintrittsöffnungen 6 von der Eingangsdichtwand 5 vollständig verschlossen (Fig. 3a). Entsprechendes gilt auf der anderen Seite der Planetenräder 1 in Bezug auf die Ausgangsdichtwand 7 und die Austrittsöffnungen 8 (Fig. 3d). Die Ausgangsdichtwand 7 weist einen Außendurchmesser auf, der dem Innendurchmesser des Pumpengehäuses 4 entspricht, so dass die Zahnluken der Verzahnung des Hohlrads 3 an der rechten Stirnseite der Verzahnung vollständig durch die Ausgangsdichtwand 7 abgedichtet werden. Da der Außendurchmesser der Eingangsdichtwand 5 bewusst gewählt kleiner ist als der Kopfkreisdurchmesser der Verzahnung des Hohlrads 3 kann zum Zwecke der Demontage nach Entfernung eines Kopfstücks 25 die gesamte Einheit des Planetenträgers 2 mit den Planetenrädern 1 und den beiden Dichtwänden 5, 7 problemlos nach rechts aus dem Pumpengehäuse 4 herausgezogen werden.

Die Arbeitsweise des dargestellten Schneckenextruders ist wie folgt: Das zu verarbeitende Medium, beispielsweise die Schmelze eines thermoplastischen Kunststoffs, wird durch die Schneckenwelle 17 von links nach rechts in Richtung der Zahnradpumpe 18 gefördert. Aus den zunächst zwei Teilströmen, die sich entlang der 2-gängigen Schneckenwelle bewegen, werden am Förderende 19 durch die beiden zusätzlichen Schneckengänge vier Teilströme erzeugt. Die Schneckengänge enden jeweils, wie besonders deutlich aus der Abwicklung der Fig. 2 hervorgeht, an einer Eintrittsöffnung 6, münden also in ein Saugraumelement 9a. Da die Schneckenwelle

17 mechanisch mit dem Planetenträger 2 gekoppelt ist, führt dieser zusammen mit den ebenfalls daran angekoppelten Dichtwänden 5, 7 die gleichen Drehbewegungen aus. Die Schmelze gelangt, ohne dass es hierzu eines wesentlichen Vordrucks bedarf, durch die vergleichsweise großen Eintrittsöffnungen 6 in die einzelnen

5 Sauraumelemente 9a. Durch die Trennwände 12 wird das Material der Schmelze entsprechend der eingezeichneten Drehrichtung in die Zahnlücken der Verzahnung des Hohlrads 3 hineingestrichen. Die Beförderung der Schmelze in das jeweils gegenüberliegende Druckraumelement 10a erfolgt an jedem Planetenrad 1 in zwei Teilströmen. Der eine Teilstrom wird in den Zahnlücken des jeweiligen Planetenrads 1

10 entlang der Dichtzonen 11 in das zugehörige Druckraumelement 10a geführt, während ein zweiter Massenstrom durch Herausquetschen der Schmelze aus den Zahnlücken des Hohlrads 3 infolge des Eingriffs der Verzahnung der Planetenräder 1 erzeugt wird. Auf diese Weise wird der am Pumpeneingang noch aus vier Teilströmen bestehende Gesamtstrom nunmehr in insgesamt acht Teilströme aufgeteilt, so dass die

15 Planetenradpumpe zu einer Verbesserung der Materialmischung beitragen kann. Dadurch, dass das zu fördernde Material beim Umlaufen des Planetenträgers 2 von den radialen Trennwänden 12 in die Zahnlücken des Hohlrads 3 hineingestrichen wird, ergibt sich auch eine besondere Eignung dieser Zahnradpumpe zur weitgehenden Selbstreinigung.

20 Die Eingangsdichtwand 5 und somit zumindest auch ein Teil des Planetenträgers 2 können auch körperlich Bestandteil der Schneckenwelle 17 sein, müssen also keine separaten Bauteile sein.

25 In Fig. 4 ist eine Abwandlung des in den Fig. 1 bis 3d dargestellten Schneckenextruders mit Planetenradpumpe dargestellt. Die grundsätzliche Aufbauweise und Funktion dieses Schneckenextruders entspricht letzterem, so dass insoweit auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird. Im Unterschied hierzu ist jedoch die Schneckenwelle 17 des Schneckenextruders 15 in Fig. 4 zusammen mit

30 dem Planetenträger 2 und der damit verbundenen Eingangsdichtwand 5 sowie Ausgangsdichtwand 7 in axialer Richtung verschieblich, wie dies durch den dick auf der Längsachse des Extruders dargestellten Doppelpfeil angedeutet ist. Die Verzahnungsbreite des Hohlrads 3 ist mit  $b_1$  und die Verzahnungsbreite der Planetenräder 1 mit  $b_2$  bezeichnet. Beide Verzahnungsbreiten  $b_1$ ,  $b_2$  sind etwa gleich

35 groß, so dass in einer nicht dargestellten Ausgangsstellung, bei der die

Schneckenwelle mit dem mechanisch daran gekoppelten Planetenträger 3 nach links verschoben ist (linke Endposition), sich beide Verzahnungsbreiten  $b_1$ ,  $b_2$  vollständig überdecken. Der gegenüber dieser Ausgangsstellung eingetretene Verschiebeweg der Schneckenwelle 17 und des Planetenträgers 2 ist in Fig. 4 mit  $w$  bezeichnet. Somit ist in der gezeigten Stellung (in der Nähe der rechten Endposition) die Verzahnung lediglich über eine Länge  $b_1 - w$  im Eingriff. Dementsprechend ist das Fördervolumen der Zahnradpumpe 18 reduziert. Dabei bleibt der an den Dichtbereichen 11 (Fig. 3b, c) vorbeigeführte Teilstrom der Fördermenge völlig unbeeinflusst. Es verändert sich lediglich der Teilstrom, der durch die Verdrängung der in die Zahnluken des Hohlrads 3 eingreifenden Zähne der Planetenräder 1 hervorgerufene Massenteilstrom. Um zu verhindern, dass durch die axiale Verschiebung des Planetenträgers 3 der Zahnradpumpe 18 eine ungewollte Leckage zwischen dem Druckraum 10 und dem Saugraum 9 im Bereich der Zahnluken an der linken Seite des Hohlrads 3 entsteht, ist die Dicke der Eingangsdichtwand 5, die mit  $d$  bezeichnet ist, erheblich größer als die Dicke der Ausgangsdichtwand 7. Zum Erhalt der Dichtigkeit muss diese Dicke  $d$  zumindest geringfügig größer sein als der maximale Verschiebeweg  $w$ , damit der Umfang der Eingangsdichtwand 5 trotz der Verschiebung weiterhin dicht an der glattwandigen Innenseite des Extrudergehäuses 16 oder eines in diesem Bereich fortgesetzten Pumpengehäuses 4 anliegt. Wenn diese Überdeckung der Eingangsdichtwand 5 mit dem Extrudergehäuse 16 nicht gegeben wäre, würde eine Rückströmung aus dem Druckraum 10 durch diejenigen Zahnluken des Hohlrads 3 entstehen, die gerade nicht mit den entsprechenden Zähnen der Planetenräder 2 im Eingriff stehen. Dieser Effekt der Rückströmung könnte aber auch bewusst erzeugt und gesteuert werden, um die Förderleistung der Pumpe zu regeln. Insofern ist die erhebliche Vergrößerung der Dicke der Eingangsdichtwand 5 nicht zwingend erforderlich, um die Funktionsfähigkeit der Zahnradpumpe 18 trotz Verschiebung des Planetenträgers 3 in axialer Richtung aufrechtzuerhalten. Auf diesem Wege lässt sich die Förderleistung der Zahnradpumpe 18 sogar wesentlich stärker reduzieren, als dies bei der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform möglich ist.

Fig. 5 zeigt eine ähnliche Anordnung von Schneckenextruder 15 mit Zahnradpumpe 18, die lediglich um das Merkmal ergänzt ist, dass in Förderrichtung, die von links nach rechts geht, hinter der Zahnradpumpe 18 noch ein Stiftzylinderextruderbereich 20 angeschlossen ist, wie er insbesondere zur Verarbeitung von Kautschukmischungen häufig verwendet wird. In das Gehäuse des Stiftzylinderextruderbereichs 20 sind Stifte



23 eingesetzt, die, wie dies durch die Doppelpfeile angedeutet ist, in radialer Richtung auf die Extruderlängsachse angestellt werden können. Die Zahnradpumpe 18 sorgt in diesem Fall dafür, dass am Ende des Stiftzylinderextruderbereichs 20 noch ein ausreichender Druck für die Extrusion des verarbeiteten Materials vorliegt.

5

In Fig. 6 ist die Anordnung gemäß Fig. 5 noch um zwei weitere Abschnitte erweitert. An den Stiftzylinderextruderbereich 20 schließt sich in Förderrichtung nämlich zunächst ein Vakuumentgasungsbereich 21 mit einem Vakuumanschluss 24 und einem eingangsseitigen Blister 26 sowie mit einer 4-gängigen Schneckenwelle 17 an, während am Extrusionsende, also am rechten Ende der Anordnung noch eine zweite Zahnradpumpe 18 angeschlossen ist, die den zur Extrusion gewünschten Förderdruck der verarbeiteten Schmelze erzeugt. Bei dieser Anordnung wird durch volumetrisches Fördern durch die beiden Zahnradpumpen 18 eine Entkopplung von Aufstaulänge und Extrusionsdruck ermöglicht, so dass ein Überfluten der Vakuumabsaugung im Vakuumentgasungsbereich 21 vermieden werden kann.

15

Für die Verzahnung des Hohlrads 3 (oder im Falle einer umgekehrten Pumpenanordnung die Verzahnung des Sonnenrads) und/oder die Verzahnung der Planetenräder 1 kann eine Ausführungsform gewählt werden, wie sie in Fig. 7 exemplarisch und schematisch als Teilschnittbild eines Planetenrads 1 dargestellt ist. Dieses Planetenrad 1 besitzt einen Zahnradgrundkörper 13, der vorzugsweise aus Metall (z.B. Stahl) gefertigt ist und in Bezug auf die Verzahnung fertigungstechnisch relativ grob toleriert sein kann. Die einzelnen Zähne sind wesentlich kleiner und die Zahnlücken wesentlich größer als dies für die Endform des Planetenrads 1 angestrebt wird. Diese Endform wird durch eine Umhüllung aus einem weichelastischen Material 14 (z.B. Gummi oder ein thermoplastisches Elastomer) hergestellt. Wegen der guten Verformbarkeit dieses Materials braucht die Formgenauigkeit des fertigen Planetenrads 1 nicht so hoch zu sein, wie dies bei einem starren Werkstoff der Fall sein müsste, da Übermaße der Zahngeometrie durch Verformung während des Zahneingriffs kompensiert werden können. Wegen der geringeren Anforderungen an die Formgenauigkeit lässt sich der Fertigungsaufwand für die Verzahnung entsprechend reduzieren. Auf der anderen Seite können auf diese Weise aber auch besonders hohe Anforderungen an die Dichtigkeit der im Eingriff befindlichen Verzahnung hinsichtlich eines ungewollten Materialrückflusses erfüllt werden.

35

In Fig. 8 ist eine weitere Variation hinsichtlich der einsetzbaren Verzahnung wiederum am Beispiel eines Planetenrads 1, das als Ausschnitt dargestellt ist, schematisch angedeutet. Dieses Planetenrad 1 weist alternierend unterschied hohe Zähne auf. Der Unterschied in der Zahnhöhe ist mit  $\Delta h$  bezeichnet. Jeder zweite Zahn hat hierbei eine geringere Zahnhöhe als die normale Zahnhöhe. Alternativ könnten auch mehrere Zähne hintereinander jeweils die gleiche Höhe aufweisen, so dass die Zahnhöhe über den Umfang sich bereichsweise verändern würde. Es könnten auch Planetenräder 1 eingesetzt werden, die in sich jeweils gleiche Zahnhöhe aber untereinander unterschiedliche Zahnhöhen aufweisen. Damit könnte ein besonderer Effekt erreicht werden, nämlich eine Kompaktierung des in einer Zahnücke des Hohlrads 3 befindlichen Materials, das von einem Zahn mit verringerter Zahnhöhe beaufschlagt und dadurch höchstens teilweise aus der Zahnücke in den Druckraum 10 hineingefördert wird. Durch einen beim weiteren Umlauf des Planetenträgers in eine solche Zahnücke eindringenden anderen Zahn mit normaler Zahnhöhe könnte dann dieses kompaktierte Material in den Druckraum gefördert werden.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Bauweise einer Zahnradpumpe gewährleistet, dass beim Leerfahren eines mit einer solchen Zahnradpumpe ausgerüsteten Extruders praktisch das gesamte Schmelzenmaterial aus dem Extruder und der damit verbundenen Zahnradpumpe hinausgefördert wird, da zur Sicherstellung der Materialeinspeisung in die Zahnradpumpe praktisch kein Vordruck erforderlich ist. Auf diese Weise lassen sich in den meisten Fällen aufwendige Reinigungsarbeiten beim Wechseln des zu verarbeitenden Materials vermeiden. Es kommt hinzu, dass wegen der Aufteilung der Materialströme an jedem Planetenrad in zwei kleinere Teilströme diese Zahnradpumpe eine erheblich bessere Mischungswirkung auf das zu verarbeitende Material hat, als dies bei einer üblichen als Schmelzepumpe eingesetzten Zahnradpumpe in der Bauweise eines Stirnradgetriebes der Fall ist. Dort werden lediglich zwei Materialteilströme erzeugt und wieder zusammengeführt. Bei den in den Figuren dargestellten Zahnradpumpen, die jeweils mit vier Planetenrädern ausgestattet sind, werden acht Teilströme im Schmelzenfluss erzeugt und wieder zusammengeführt. Dadurch wird eine signifikant bessere Materialmischung gewährleistet. Durch eine einfache mechanische Kopplung des Planetenträgers mit der Schneckenwelle eines Extruders kann auf einen separaten motorischen Antrieb der Zahnradpumpe vollständig verzichtet werden. Dennoch ist eine Regelung der

**Förderleistung der Zahnradpumpe möglich, wenn diese auf eine axiale Verstellung eingerichtet ist, wie dies vorstehend beschrieben wurde.**

**Bezugszeichenliste:**

1	Planetenrad
2	Planetenträger
3	Hohlrad
4	Pumpengehäuse
5	Eingangsdichtwand
6	Eintrittsöffnung
7	Ausgangsdichtwand
8	Austrittsöffnung
9	Saugraum
9a	Saugraumelement
10	Druckraum
10a	Druckraumelement
11	Dichtbereich
12	Trennwand
13	Zahnradgrundkörper
14	weichelastische Umhüllung
15	Schneckenextruder
16	Extrudergehäuse
17	Schneckenwelle
18	Zahnradpumpe
19	Förderende
20	Stiftzylinderextruderbereich
21	Vakuumentgasungsbereich
22	Extruderaustritt
23	Verstellbarer Stift
24	Vakuumschluß
25	Kopfstück
26	Blister
b <sub>1</sub>	Verzahnungsbreite Hohlrad
b <sub>2</sub>	Verzahnungsbreite Planetenrad
w	Verschiebeweg
d	Dicke Eingangsdichtwand
$\Delta h$	Unterschied der Zahnhöhe

Patentansprüche:

1. Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination zur Verarbeitung von Thermoplasten und Kautschukmischungen als Einspritzeinheit von Spritzgussmaschinen, mit einer oder mehreren Schneckenwellen (17) sowie einer mechanisch mit der oder den Schneckenwelle(n) antriebsmäßig gekoppelten Zahnradpumpe (18), deren Pumpengehäuse (4) Bestandteil des Gehäuses (16) des Schneckenextruders (15) ist oder unmittelbar daran angeschlossen ist,
- mit einem mit mindestens einem drehbar gelagerten Planetenrad (1) bestückten Planetenträger (2),
- mit zwei weiteren Funktionselementen, die mit dem mindestens einen Planetenrad (1) im Sinne eines Sonnenrads bzw. eines Hohlrads (3) zusammenwirken,
- mit einem den Planetenträger (2) umgebenden Pumpengehäuse (4),
- mit einer Eingangsdichtwand (5), die mit dem Planetenträger (2) drehfest verbunden ist und mindestens eine Eintrittsöffnung (6) für das zu fördernde Medium aufweist,
- mit einer Ausgangsdichtwand (7), die mit dem Planetenträger (2) drehfest verbunden ist und mindestens einer Austrittsöffnung (8) für das zu fördernde Medium aufweist und
- und mit einem Saugraum (9) und einem Druckraum (10), die von dem Pumpengehäuse (4) umschlossen und gegeneinander abgedichtet sind, wobei der Saugraum (9) in Förderrichtung vor der Eingangsdichtwand (5) angeordnet ist sich durch die mindestens eine Eintrittsöffnung (6) hindurch in mindestens ein Saugraumelement (9a) entlang des mindestens einen Planetenrads (1) bis zu der Ausgangsdichtwand (7) erstreckt und wobei der Druckraum (10) in Förderrichtung hinter der Ausgangsdichtwand (7) angeordnet ist,
- wobei jeweils nur eines der beiden als Sonnenrad oder Hohlrad (3) wirkenden Funktionselemente eine mit dem mindestens einen Planetenrad (1) kämmende Verzahnung aufweist und das andere Funktionselement mindestens einen Dichtbereich (11) aufweist, der glattwandig und über einen Teil des Umfangs und über die Länge des mindestens einen Planetenrads (1) gleitbar dichtend anliegend ausgeführt ist,
- wobei das den mindestens einen Dichtbereich (11) aufweisende andere

- 5  
10  
15  
20  
25  
30
- Funktionselement drehfest mit dem Planetenträger (2) verbunden ist und  
- dass zur Trennung des mindestens einen Saugraumelements (9) von dem  
mindestens einen Druckraumelement (10a) in Umfangsrichtung versetzt zu  
dem mindestens einen Planetenrad (1) mindestens eine sich von der  
Eingangsdichtwand (5) bis zur Ausgangsdichtwand (7) erstreckende  
Trennwand (12) angeordnet ist, die mit dem den mindestens einen  
glattwandigen Dichtbereich (11) aufweisenden anderen Funktionselement  
drehfest und dichtend verbunden ist und sich in radialer Richtung bis zum  
Kopfkreis der Verzahnung des die Verzahnung aufweisenden  
Funktionselements erstreckt.
2. Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sich der Druckraum (10) durch die mindestens eine Austrittsöffnung (8)  
hindurch in mindestens ein Druckraumelement (10a) entlang des mindestens  
einen Planetenrads (1) bis zu der Eingangsdichtwand (5) erstreckt.
3. Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die mindestens eine Trennwand (12) jeweils über die gesamte axiale  
Länge des mindestens einen Planetenrads (1) großflächig über den Umfang  
des Planetenrads (1) an dessen Verzahnung dichtend anliegt.
4. Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der  
Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass jeweils mindestens zwei, insbesondere jeweils mindestens vier  
Planetenräder (1), Trennwände (12), Eintritts- (6) und Austrittsöffnungen (8)  
vorgesehen sind.
5. Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der  
Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die Verzahnung des mindestens einen Planetenrads (1) und des verzahnten Funktionselements als Schrägverzahnung ausgeführt ist.

- 5           6.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die mindestens eine Trennwand (12) entsprechend der  
Schrägverzahnung in axialer Richtung wendelförmig verläuft.
- 10       7.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der  
Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die mindestens eine Trennwand (12) einstückig mit dem den mindestens  
einen Dichtbereich (11) aufweisenden Funktionselement ausgebildet ist.
- 15       8.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der  
Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Hohlrad (3) mit der Verzahnung und das dem Sonnenrad  
entsprechende Funktionsteil mit dem mindestens einen Dichtbereich (11)  
20       versehen ist.
9.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Planetenträger (2) und das dem Sonnenrad entsprechende  
25       Funktionsteil einstückig ausgebildet sind.
10.   Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Eingangsichtwand (5) oder die Ausgangsichtwand (7) einstückig mit  
30       dem Planetenträger (2) ausgebildet ist.
11.   Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der  
Ansprüche 8 bis 10  
dadurch gekennzeichnet,

dass das Hohlrad (3) einstückig mit dem das Hohlrad (3) umgebenden Teil des Pumpengehäuses (4) ausgebildet ist.

- 5           12.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der Ansprüche 8 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Außendurchmesser der Eingangsdichtwand (5) ungleich,  
insbesondere kleiner ist als der Außendurchmesser der Ausgangsdichtwand (7).
- 10           13.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der Ansprüche 8 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Veränderbarkeit des Fördervolumens der Zahnradpumpe (18) der Planetenträger (2) zusammen mit dem dem Sonnenrad entsprechenden  
15   Funktionsteil und der Eingangs- (5) und der Ausgangsdichtwand (7) innerhalb des Pumpengehäuses (4) axial gegenüber dem Hohlrad (3) um einen Verschiebeweg  $w$  verschieblich angeordnet ist.
- 20           14.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Dicke  $d$  (in Verschieberichtung gesehen) der Eingangsdichtwand (5) größer ist als der maximale Verschiebeweg  $w$ .
- 25           15.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das mindestens eine Planetenrad (1) und/oder das die mit dem  
mindestens einen Planetenrad (1) kämmende Verzahnung aufweisende  
30   Funktionsteil zumindest im oberflächennahen Bereich seiner Verzahnung weich-elastisch ausgeführt ist/sind.
- 35           16.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Verzahnung jeweils durch einen fertigungstechnisch grob tolerierten



metallischen Zahnradgrundkörper (13) mit einer elastischen Umhüllung (14), insbesondere einer Umhüllung aus Gummi oder einem thermoplastischen Elastomer, im Verzahnungsbereich gebildet wird.

- 5        17.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der Ansprüche 1 bis 16,  
          dadurch gekennzeichnet,  
          dass die Verzahnung des Hohlrads (3) oder des mindestens einen  
10        Planetenrads (1) alternierend oder abschnittsweise mit Zähnen unterschiedlicher Höhe ausgeführt ist oder im Falle mehrerer Planetenräder (1) die Zähne mindestens eines dieser Planetenräder (1) eine andere Zahnhöhe aufweisen als ein anderes Planetenrad.
- 15        18.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der Ansprüche 1-17,  
          dadurch gekennzeichnet,  
          dass die Gangzahl am Förderende (19) der Schneckenwelle/-wellen (17) jeweils  
20        gleich der Zahl der Planetenräder (1) der daran angeschlossenen Zahnradpumpe (18) ist.
19.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach Anspruch 18,  
          dadurch gekennzeichnet,  
          dass die Gangzahl des vor dem Förderende (19) liegenden Abschnitts der  
25        Schneckenwelle (17) jeweils halb so groß ist wie die Gangzahl am Förderende (19).
20.    Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der Ansprüche 1 bis 19,  
30        dadurch gekennzeichnet,  
          dass die Verzahnung in der Zahnradpumpe (18) schrägverzahnt ausgeführt und der Neigung der Wendelung der Gänge der Schneckenwelle (17) – bezogen auf die Förderrichtung des Schneckenextruders (15) – jeweils entgegengesetzt ist.

21. Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der Ansprüche 1 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Schneckenwelle (17) jeweils zusammen mit dem Planetenträger (2)  
und dem dem Hohlrad entsprechenden Funktionsteil sowie der Eingangs- und  
der Ausgangsdichtwand (5, 7) axial verschieblich angeordnet ist.
22. Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach einem der Ansprüche 1 bis 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in Förderrichtung hinter der Zahnradpumpe (18) ein  
Stiftzylinderextruderbereich (20) angeordnet ist.
23. Schneckenextruder - Zahnradpumpen - Kombination nach Anspruch 1 bis 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass auf einer Schneckenwelle (17) axial hintereinander zwei Zahnradpumpen  
(18) angeordnet sind, wobei die in Förderrichtung zweite Zahnradpumpe (18)  
unmittelbar nach der ersten Zahnradpumpe angeordnet ist.

Fig.1

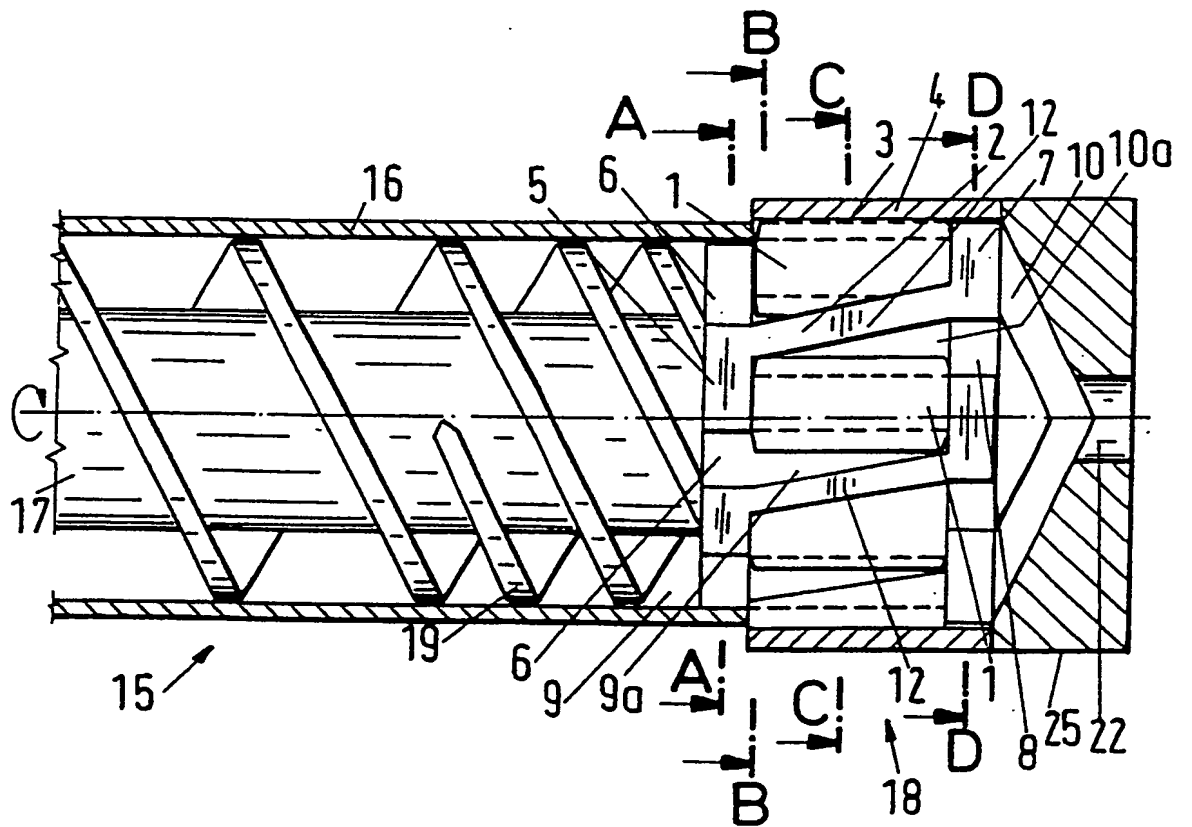


Fig.2

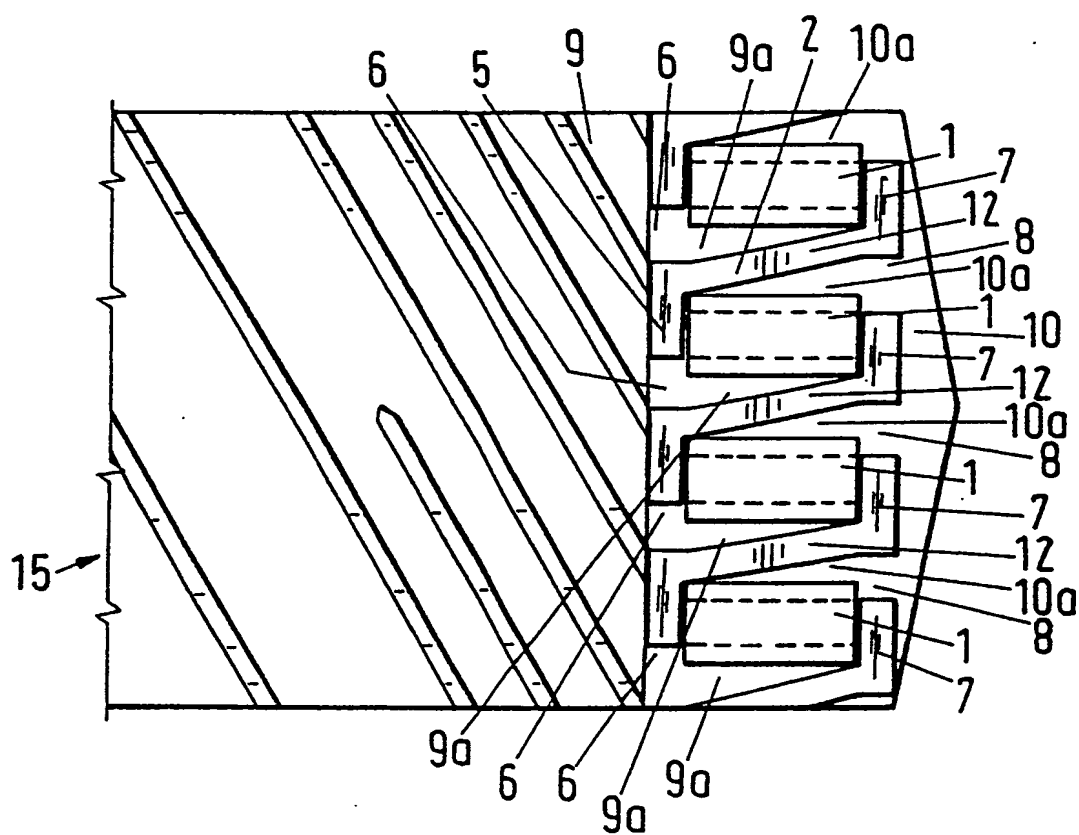


Fig.3A

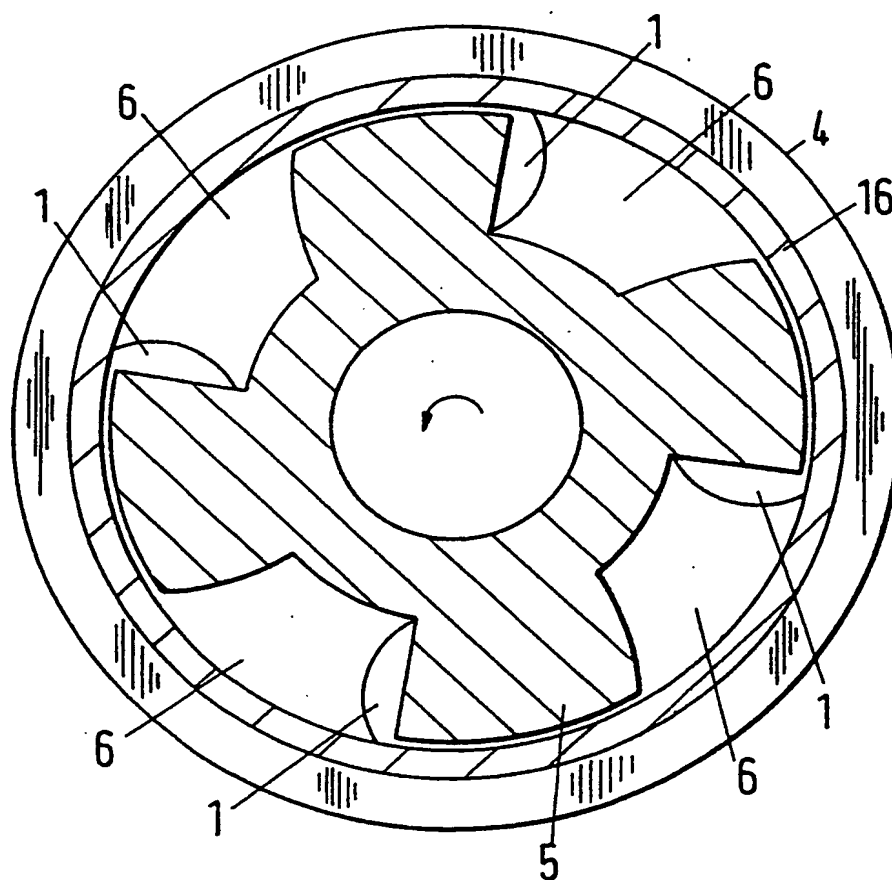


Fig. 3B

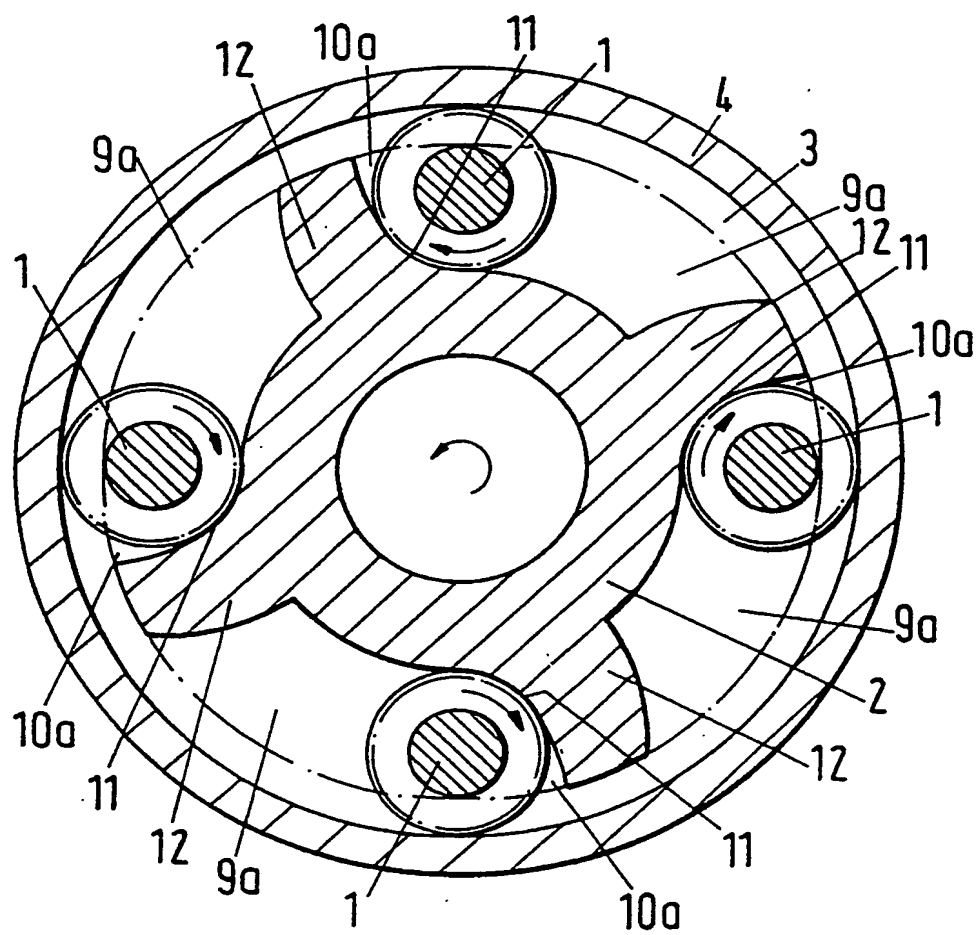


Fig. 3C

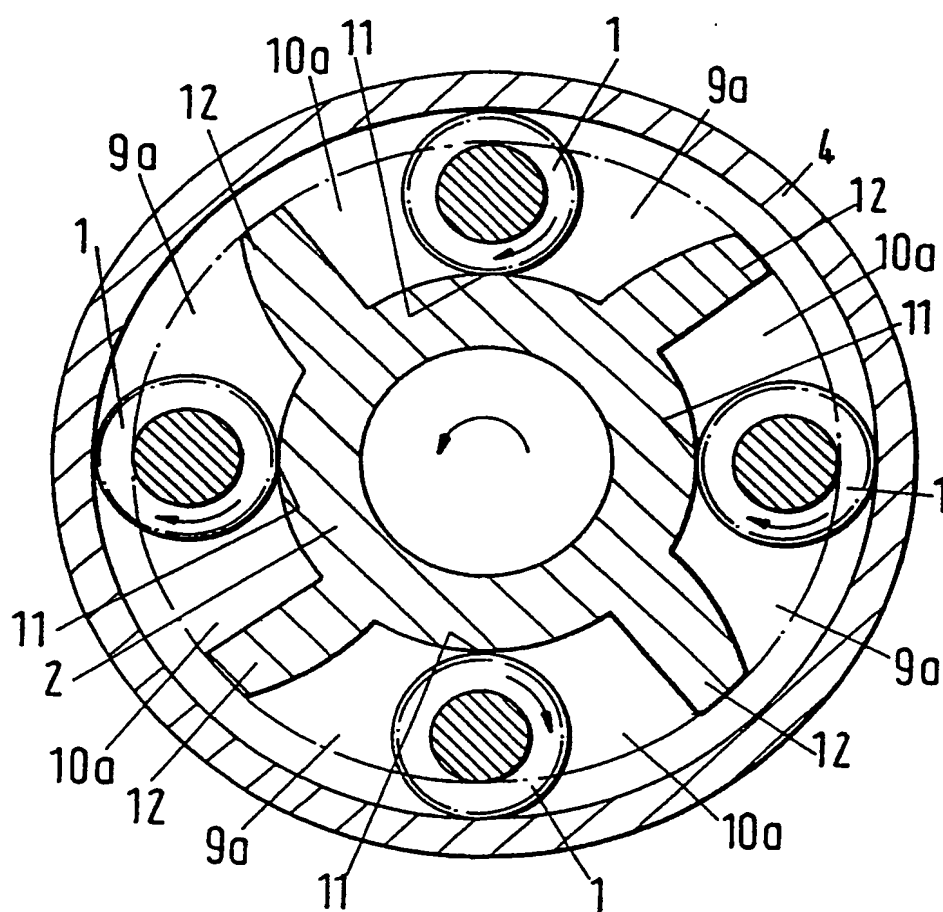


Fig.3D

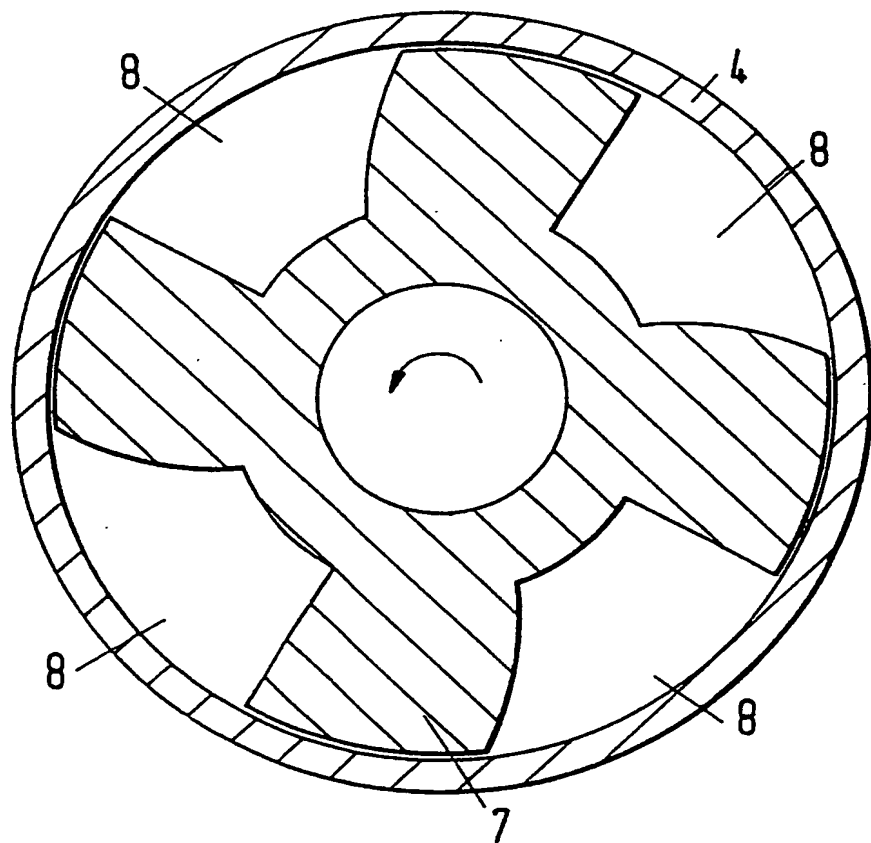




Fig.4

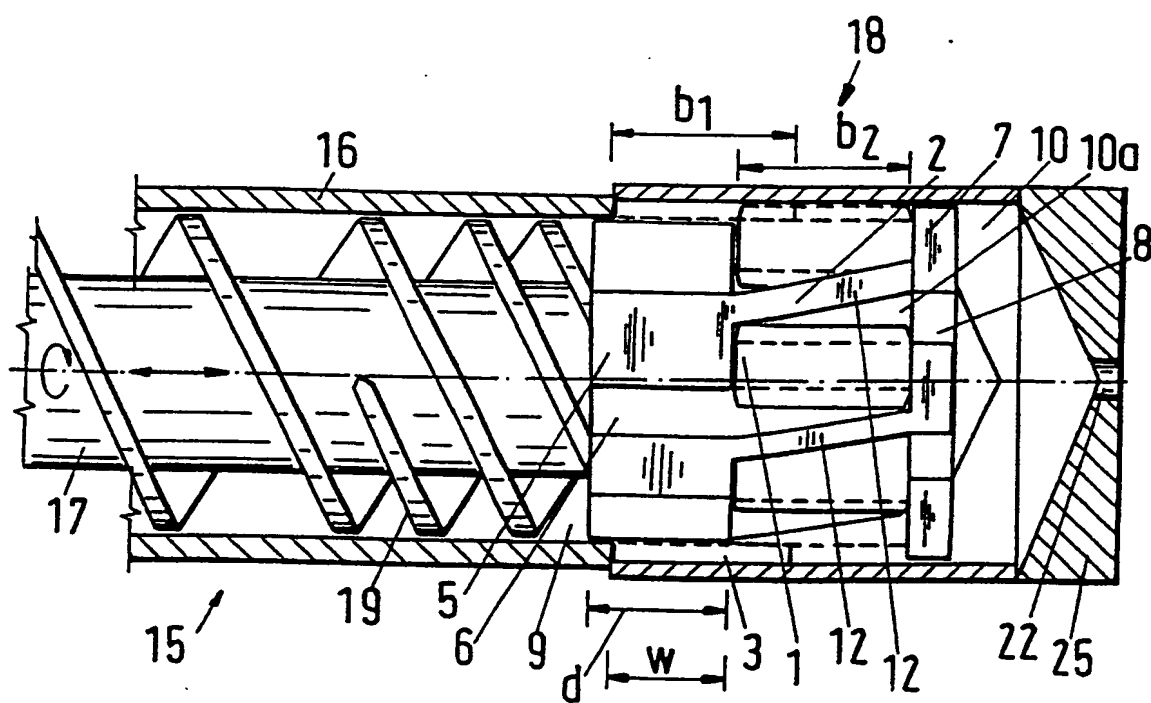


Fig.5

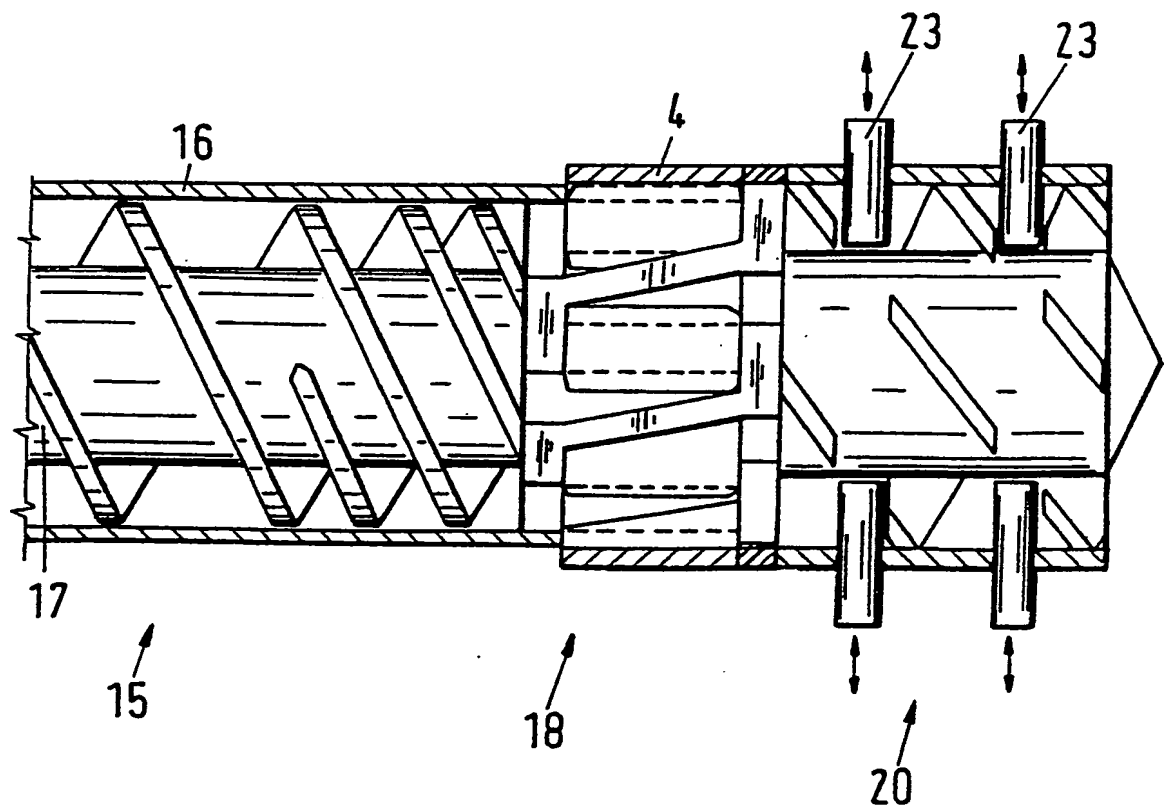


Fig.6

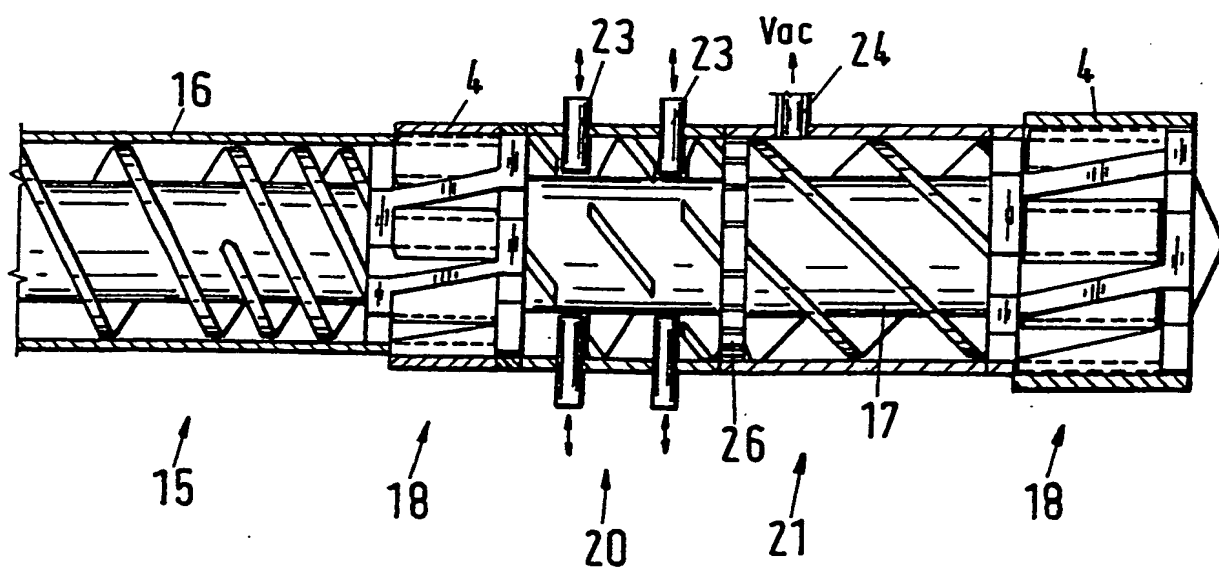


Fig.7

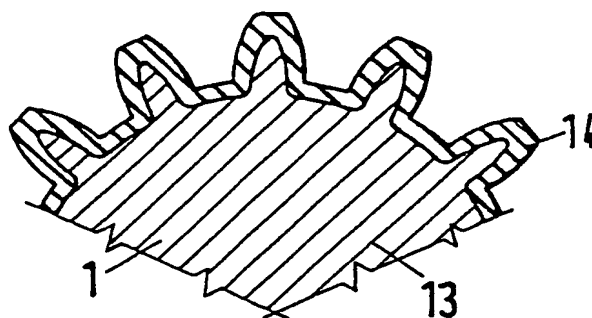
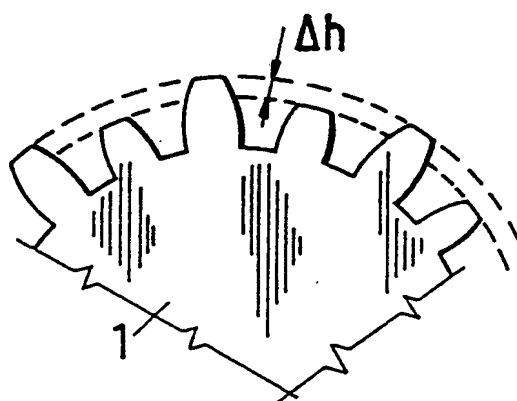


Fig.8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019385

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> F04C2/18, B29C47/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> F04C2/18, B29C47/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-116200 A (Bridgestone Corp.), 14 May, 1993 (14.05.93), Full text; all drawings & US 005156781 A1 & US 005267847 A1 & EP 000492425 A1 & DE 069124788 A1 & ES 002098308 T	1-4
A	JP 2001-241386 A (Naoki MAEDA), 07 September, 2001 (07.09.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2000-34985 A (Shimadzu Corp.), 02 February, 2000 (02.02.00), Full text; all drawings (Family: none)	4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
09 May, 2005 (09.05.05)

Date of mailing of the international search report  
24 May, 2005 (24.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.